



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 9 日
Date of Application:

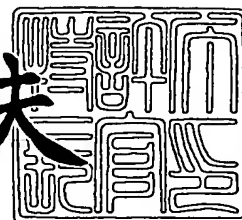
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 8 9 0 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 4 8 9 0 8]

出 願 人 日 本 碍 子 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 2 0 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 PCK17144GA

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01J 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 武内 幸久

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 七瀧 努

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 大和田 巖

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077665

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 剛宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100116676

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮寺 利幸

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001834

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9724024

【包括委任状番号】 0206306

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】**

電子放出素子

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上に形成されたアノード電極と、
前記基板上に前記アノード電極を覆うように形成され、かつ、誘電体にて構成された電界印加部と、
前記電界印加部上に形成され、駆動信号が供給されるカソード電極とを有することを特徴とする電子放出素子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の電子放出素子において、
前記電界印加部が、圧電材料、又は反強誘電体材料、又は電歪材料で構成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の電子放出素子において、
前記カソード電極と前記アノード電極に挟まれた前記電界印加部の厚さを d 、前記カソード電極と前記アノード電極間の印加電圧を V としたとき、前記電界印加部に印加され、かつ、 $E = V / d$ で表される電界 E で分極反転が行われることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 4】

請求項 3 記載の電子放出素子において、
前記カソード電極と前記アノード電極間の印加電圧 V の絶対値が 100 V 未満となるように、前記厚さ d が設定されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
前記カソード電極の上方にコレクタ電極が配置され、該コレクタ電極に蛍光体が塗布されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
少なくとも前記カソード電極は、リング状に形成されていることを特徴とする
電子放出素子。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
少なくとも前記カソード電極は、くし歯状に形成されていることを特徴とする
電子放出素子。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
前記カソード電極の厚膜は、1 0 0 nm 以下であることを特徴とする電子放出
素子。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
前記電界印加部上に前記カソード電極を覆うように保護膜が形成されているこ
とを特徴とする電子放出素子。

【請求項 1 0】

請求項 9 記載の電子放出素子において、
前記保護膜の膜厚は、1 ～ 2 0 nm であることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 1 1】

請求項 9 又は 1 0 記載の電子放出素子において、
前記保護膜は、導体で構成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の電子放出素子において、
前記導体は、Ar+6 0 0 V におけるスパッタ率が 2 . 0 以下、蒸気圧 $1 . 3 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ となる温度が 1 8 0 0 K 以上であることを特徴とする電子放出素子
。

【請求項 1 3】

請求項 9 又は 1 0 記載の電子放出素子において、
前記保護膜は、絶縁膜で構成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 14】

請求項 9 又は 10 記載の電子放出素子において、
前記保護膜は、金属酸化膜で構成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 15】

請求項 9 又は 10 記載の電子放出素子において、
前記保護膜は、セラミックス、圧電材料又は電歪材料で構成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 16】

請求項 1～15 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子において、
電子放出時における前記カソード電極と前記アノード電極間の電圧変化が 20 V 以内であることを特徴とする電子放出素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、カソード電極とアノード電極間に誘電体で構成された電界印加部が介在された電子放出素子に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近時、電子放出素子は、カソード電極及びアノード電極を有し、フィールドエミッションディスプレイ（FED）やバックライトのような種々のアプリケーションに適用されている。FED に適用する場合、複数の電子放出素子を 2 次元的に配列し、これら電子放出素子に対する複数の蛍光体を、所定の間隔をもってそれぞれ配置するようにしている。

【0003】

この電子放出素子の従来例としては、例えば特許文献 1～5 があるが、いずれも電界印加部に誘電体を用いていないため、対向電極間にフォーミング加工もしくは微細加工が必要となったり、電子放出のために高電圧を印加しなければならず、また、パネル製作工程が複雑で製造コストが高くなるという問題がある。

【0004】

そこで、電界印加部を誘電体で構成することが考えられているが、誘電体からの電子放出として以下の非特許文献1～3にて諸説が述べられているものの、電子の放出原理の確定までには至っておらず、誘電体にて構成された電界印加部を有する電子放出素子での問題を提起するまでには至っていない。

【0005】

【特許文献1】

特開平1-311533号公報

【特許文献2】

特開平7-147131号公報

【特許文献3】

特開2000-285801号公報

【特許文献4】

特公昭46-20944号公報

【特許文献5】

特公昭44-26125号公報

【非特許文献1】

安岡、石井著「強誘電体陰極を用いたパルス電子源」応用物理第68巻第5号、p546～550（1999）

【非特許文献2】

V.F.Puchkarev, G.A.Mesyats, On the mechanism of emission from the ferroelectric ceramic cathode, J.Appl.Phys., vol. 78, No. 9, 1 November, 1995, p. 5633-5637

【非特許文献3】

H.Riege, Electron emission ferroelectrics - a review, Nucl. Instr. and Meth. A340, p. 80-89(1994)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、誘電体にて構成された電界印加部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴うカソード電極での損傷等を防止する

ことができ、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる電子放出素子を提供することを目的とする。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る電子放出素子は、基板上に形成されたアノード電極と、前記基板上に前記アノード電極を覆うように形成され、かつ、誘電体にて構成された電界印加部と、前記電界印加部上に形成され、駆動信号が供給されるカソード電極とを有することを特徴とする。

【0 0 0 8】

この場合、前記電界印加部は、圧電材料、又は反強誘電体材料、又は電歪材料で構成することができる。また、前記カソード電極の上方にコレクタ電極を配置し、該コレクタ電極に蛍光体を塗布するようにしてもよい。

【0 0 0 9】

そして、前記カソード電極と前記アノード電極に挟まれた前記電界印加部の厚さを d 、前記カソード電極と前記アノード電極間の印加電圧を V としたとき、前記電界印加部に印加され、かつ、 $E = V / d$ で表される電界 E で分極反転が行われるようにしてもよい。このとき、前記カソード電極と前記アノード電極間の印加電圧 V の絶対値が 100 V 未満となるように、前記厚さ d を設定するようにしてもよい。

【0 0 1 0】

ここで、本発明の作用を説明する。まず、カソード電極に対し、正極性から負極性に転じる駆動信号（誘電体で構成された電界印加部の分極が反転するレベルの負極性の信号）が供給されることによって、カソード電極側の電界集中ポイント（カソード電極／電界印加部／真空の3重点に対応するポイントでもある）から電子が放出されることになる。即ち、分極が反転された電界印加部のうち、カソード電極の近傍に帯電する双極子モーメントが放出電子を引き出すこととなる。

【0 0 1 1】

つまり、カソード電極のうち、電界印加部との界面近傍において局所的なカソ

ードが形成され、電界印加部のうち、カソード電極の近傍の部分に帯電している双極子モーメントの+極が局所的なアノードとなってカソード電極から電子が引き出され、その引き出された電子のうち、一部の電子がコレクタ電極に導かれて蛍光体を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。また、前記引き出された電子のうち、一部の電子が電界印加部に衝突して、電界印加部から2次電子が放出され、該2次電子がコレクタ電極に導かれて蛍光体を励起することになる。

【0012】

カソード電極からの電子放出がそのまま進行すれば、ジュール熱によって蒸散して浮遊する電界印加部の構成原子が前記放出された電子によって正イオンと電子に電離され、この電離によって発生した電子が更に電界印加部の構成原子等を電離するため、ねずみ算式に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在する局所プラズマが発生することになる。なお、2次電子も前記電離を促進させることが考えられる。そして、前記電離によって発生した正イオンが例えばカソード電極に衝突することによってカソード電極が損傷することもある。

【0013】

しかし、この発明では、カソード電極から引き出された電子が、局所アノードとして存在する電界印加部の双極子モーメントの+極に引かれ、カソード電極の近傍における電界印加部の表面の負極性への帯電が進行することになる。その結果、電子の加速因子（局所的な電位差）が緩和され、2次電子放出に至るポテンシャルが存在しなくなり、前記電界印加部の表面が負極性に帯電していくことになる。

【0014】

そのため、双極子モーメントにおける局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さが小さくなり、電子放出が停止することになる。

【0015】

このように、本発明においては、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴う

カソード電極での損傷等を防止することができ、電子放出素子の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

【0016】

そして、本発明において、前記電界印加部を、真空中での蒸発温度が大きい誘電体で構成することが好ましい。これにより、電界印加部の構成原子がジュール熱によって蒸散しにくくなり、電子による電離の促進を妨げることができる。これは、電界印加部の表面を保護する上で有効となる。

【0017】

また、少なくとも前記カソード電極は、リング状に形成されていてもよいし、くし歯状に形成されていてもよい。これにより、電界集中ポイントでもあるカソード電極／電界印加部／真空の3重点が増え、電子放出効率を向上させることができる。

【0018】

前記カソード電極の厚膜を、100nm以下としてもよい。特に、カソード電極の膜厚を極薄（10nm以下）とした場合には、該カソード電極と電界印加部との界面から電子が放出されることになり、電子放出効率を更に向上させることができる。

【0019】

また、前記電界印加部上に前記カソード電極を覆うように、保護膜を形成するようにしてもよい。これにより、電界印加部の表面を保護することができ、しかも、電子放出によって電離が進行したとしても、カソード電極の正イオンによる損傷を保護膜によって抑制することができる。

【0020】

前記保護膜の膜厚は、1～20nmであることが好ましい。この場合、薄すぎると、電界印加部を保護することができないというおそれがあり、厚すぎると、保護膜の電気抵抗が小さくなり、その結果、局所的なカソードと局所的なアノード間の電圧が小さくなり、電子放出に必要な電界を得ることができなくなるおそれがあるからである。また、厚すぎると、カソード電極から電子が放出できなくなるおそれがあるからである。

【0021】

そして、前記保護膜は、導体で構成してもよい。この場合、導体は、Ar+600Vにおけるスパッタ率が2.0以下で、真空中の蒸発温度として、蒸気圧 1.3×10^{-3} Paとなる温度が1800K以上であることが好ましい。これにより、保護膜が簡単に破られるということがなくなり、ジュール熱で保護膜の構成原子が蒸散するという不都合がなくなるからである。

【0022】

また、前記保護膜は、絶縁膜や金属酸化膜、あるいはセラミックス、圧電材料又は電歪材料等で構成するようにしてもよい。この場合、カソード電極から放出された電子が電界印加部の局所的なアノードに引かれると、保護膜の表面が負極性に帯電することになる。これにより、局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さが小さくなり、電子の放出は進行せずに停止することになる。

【0023】

また、本発明においては、電子放出時における前記カソード電極と前記アノード電極間の電圧変化が20V以内であることが好ましい。

【0024】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明に係る電子放出素子のいくつかの実施の形態例を図1～図13を参照しながら説明する。

【0025】

一般に、電子放出素子は、ディスプレイとしての用途のほか、電子線照射装置、光源、LEDの代替用途、電子部品製造装置に適用することができる。

【0026】

電子線照射装置における電子線は、現在普及している紫外線照射装置における紫外線に比べ、高エネルギーで吸収性能に優れる。適用例としては、半導体装置では、ウェハーを重ねる際における絶縁膜の固化する用途、印刷の乾燥では、印刷インキをむらなく硬化する用途、殺菌では、医療機器をパッケージに入れたまま殺菌する用途等がある。

【0027】

光源としての用途は、高輝度、高効率仕様向けであって、例えばプロジェクタの光源用途等がある。

【0028】

LEDの代替用途としては、チップ光源、信号機、携帯電話向けの小型液晶ディスプレイのバックライト等がある。

【0029】

電子部品製造装置の用途としては、電子ビーム蒸着装置等の成膜装置の電子ビーム源、プラズマCVD装置におけるプラズマ生成用（ガス等の活性化用）電子源、ガス分解用途の電子源などがある。

【0030】

真空マイクロデバイスとしては、テラHz級で駆動する超高速素子、使用温度範囲の広い耐環境電子部品として注目されている。

【0031】

電子回路部品としては、大電流出力化、高増幅率化が可能であることから、スイッチ、リレー、ダイオード等のデジタル素子、オペアンプ等のアナログ素子への用途がある。

【0032】

そして、第1の実施の形態に係る電子放出素子10Aは、図1に示すように、基板12上に形成されたアノード電極14と、基板12上にアノード電極14を覆うように形成された電界印加部16と、該電界印加部16上に形成されたカソード電極18とを有する。

【0033】

カソード電極18には、パルス発生源20からの駆動信号S_aが抵抗R₁を介して供給され、アノード電極14には、アノード電位の発生源（この例ではGND）が抵抗R₂を介して接続されている。なお、カソード電極18への駆動信号S_aの供給は、例えば図2に示すように、カソード電極18に延びるリード電極18aを通じて行われる。また、アノード電極14へのアノード電位（V_{ss}）の印加は、アノード電極14に延びるリード電極14aを通じて行われる。

【0034】

そして、この電子放出素子10Aをディスプレイの画素として利用する場合は、カソード電極18の上方にコレクタ電極22が配置され、該コレクタ電極22には蛍光体24が塗布される。なお、コレクタ電極22にはコレクタ電位の発生源102（この例では V_c ）が抵抗R3を介して接続される。

【0035】

また、第1の実施の形態に係る電子放出素子10Aは、当然のことながら、真空空間内に配置される。この電子放出素子10Aは、図1に示すように、電界集中ポイントAが存在するが、ポイントAは、カソード電極18／電界印加部16／真空が1つのポイントに存在する3重点を含むポイントとしても定義することができる。

【0036】

そして、雰囲気中の真空度は、 $10^2 \sim 10^{-6}$ Paが好ましく、より好ましくは $10^{-3} \sim 10^{-5}$ Paである。

【0037】

このような範囲を選んだ理由は、低真空では、空間内に気体分子が多いため、プラズマを生成し易いが、①：プラズマが多量に発生され過ぎると、その正イオンが多量にカソード電極に衝突して損傷を進めるおそれや、②：放出電子がコレクタ電極に到達する前に気体分子に衝突してしまい、コレクタ電位（ V_{ss} ）で十分に加速した電子による蛍光体の励起が十分に行われなくなるおそれがあるからである。

【0038】

一方、高真空では、電界集中ポイントAから電子を放出し易いものの、①：気体分子が少なすぎてプラズマが生成され難いという問題や、②：構造体の支持、及び真空のシール部が大きくなり、小型化に不利になるという問題があるからである。

【0039】

ここで、電界印加部16は誘電体にて構成される。誘電体は、好適には、比誘電率が比較的高い、例えば1000以上の誘電体を採用することができる。この

ような誘電体としては、チタン酸バリウム他に、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらの任意の組み合わせを含有するセラミックスや、主成分がこれらの化合物を50重量%以上含有するものや、前記セラミックスに対して更にランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を適切に添加したもの等を挙げることができる。

【0040】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN) とチタン酸鉛 (PT) の2成分系 $n\text{PMN}-m\text{PT}$ (n, m をモル数比とする) においては、PMNのモル数比を大きくすると、キュリー点が下げられて、室温での比誘電率を大きくすることができる。

【0041】

特に、 $n=0.85\sim 1.0$ 、 $m=1.0-n$ では比誘電率3000以上となり好ましい。例えば、 $n=0.91$ 、 $m=0.09$ では室温の比誘電率15000が得られ、 $n=0.95$ 、 $m=0.05$ では室温の比誘電率20000が得られる。

【0042】

次に、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN)、チタン酸鉛 (PT)、ジルコン酸鉛 (PZ) の3成分系では、PMNのモル数比を大きくする他に、正方晶と擬立方晶又は正方晶と菱面体晶のモルフォトロピック相境界 (MPB: Morphotropic Phase Boundary) 付近の組成とすることが比誘電率を大きくするのに好ましい。例えば、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.375:0.375:0.25$ にて比誘電率5500、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.5:0.375:0.125$ にて比誘電率4500となり、特に好ましい。更に、絶縁性が確保できる範囲内でこれらの誘電体に白金のような金属を混入して、誘電率を向上させるのが好ましい。この場合、例えば、誘電体に白金を重量比で20%混入させるとよい。

【0043】

また、電界印加部 16 は、上述したように、圧電／電歪層や反強誘電体層等を用いることができるが、電界印加部 16 として圧電／電歪層を用いる場合、該圧電／電歪層としては、例えば、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらのいずれかの組み合わせを含有するセラミックスが挙げられる。

【0044】

主成分がこれらの化合物を 50 重量%以上含有するものであってもよいことはいうまでもない。また、前記セラミックスのうち、ジルコン酸鉛を含有するセラミックスは、電界印加部 16 を構成する圧電／電歪層の構成材料として最も使用頻度が高い。

【0045】

また、圧電／電歪層をセラミックスにて構成する場合、前記セラミックスに、更に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を、適宜、添加したセラミックスを用いてもよい。

【0046】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛及びチタン酸鉛とからなる成分を主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを用いることが好ましい。

【0047】

圧電／電歪層は、緻密であっても、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は 40%以下であることが好ましい。

【0048】

電界印加部 16 として反強誘電体層を用いる場合、該反強誘電体層としては、ジルコン酸鉛を主成分とするもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分を主

成分とするもの、更にはジルコン酸鉛に酸化ランタンを添加したもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分に対してジルコン酸鉛やニオブ酸鉛を添加したものが望ましい。

【0049】

また、この反強誘電体膜は、多孔質であってもよく、多孔質の場合には気孔率30%以下であることが望ましい。

【0050】

そして、基板12の上に電界印加部16を形成する方法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の各種厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相蒸着法(CVD)、めっき等の各種薄膜形成法を用いることができる。

【0051】

この第1の実施の形態においては、基板12上に前記電界印加部16を形成するにあたっては、スクリーン印刷法やディッピング法、塗布法、電気泳動法等による厚膜形成法が好適に採用される。

【0052】

これらの方法は、平均粒径0.01～5 μ m、好ましくは0.05～3 μ mの圧電セラミックスの粒子を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンション、エマルジョン、ゾル等を用いて形成することができ、良好な圧電作動特性が得られるからである。

【0053】

特に、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成することができることをはじめ、「電気化学および工業物理化学 Vol. 53, No. 1 (1985), p 63～68 安斎和夫著」あるいは「第1回電気泳動法によるセラミックスの高次成形法 研究討論会 予稿集 (1998), p 5～6, p 23～24」等の技術文献に記載されるような特徴を有する。従って、要求精度や信頼性等を考慮して、適宜、方法を選択して用いるとよい。

【0054】

ここで、カソード電極18とアノード電極14間の電界印加部16の厚さd (

図1参照)の大きさについて説明すると、両電極16及び20間の印加電圧をVとしたとき、 $E = V/d$ で表される電界Eで分極反転が行われるように、前記厚さdを設定することが好ましい。つまり、前記厚さdが小さいほど、低電圧で分極反転が可能となり、低電圧駆動(例えば100V未満)で電子放出が可能となる。

【0055】

カソード電極18は、以下に示す材料にて構成される。即ち、スパッタ率が小さく、真空中での蒸発温度が大きい導体が好ましい。例えば、 Ar^+ で600Vにおけるスパッタ率が2.0以下で、蒸気圧 $1.3 \times 10^{-3} Pa$ となる温度が1800K以上のものが好ましく、白金、モリブデン、タングステン等がこれにあたる。また、高温酸化雰囲気に対して耐性を有する導体、例えば金属単体、合金、絶縁性セラミックスと金属単体との混合物、絶縁性セラミックスと合金との混合物等によって構成され、好適には、白金、パラジウム、ロジウム、モリブデン等の高融点貴金属や、銀-パラジウム、銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とするものや、白金とセラミック材料とのサーメット材料によって構成される。更に好適には、白金のみ又は白金系の合金を主成分とする材料によって構成される。また、電極として、カーボン、グラファイト系の材料、例えば、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンドライクカーボン、カーボンナノチューブも好適に使用される。なお、電極材料中に添加させるセラミック材料の割合は、5～30体積%程度が好適である。

【0056】

カソード電極18は、上記材料を用いて、スクリーン印刷、スプレー、コーティング、ディッピング、塗布、電気泳動法等の各種の厚膜形成方法や、スパッタリング、イオンビーム、真空蒸着、イオンプレーティング、CVD、めっき等の各種の薄膜形成方法による通常の膜形成方法に従って形成することができ、好適には、前者の厚膜形成方法によって形成するとよい。

【0057】

カソード電極18の平面形状は、図2に示すように、楕円形状としてもよいし、図3に示す第1の変形例に係る電子放出素子10Aaのように、リング状にし

てもよい。あるいは、図4に示す第2の変形例に係る電子放出素子10Abのように、くし歯状にしてもよい。

【0058】

カソード電極18の平面形状をリング状やくし歯状にすることによって、電界集中ポイントAでもあるカソード電極18／電界印加部16／真空の3重点が増え、電子放出効率を向上させることができる。

【0059】

カソード電極18の厚み t_c （図1参照）は、 $20\mu m$ 以下がよく、好適には $5\mu m$ 以下であるとよい。従って、カソード電極18の厚み t_c を $100nm$ 以下にしてもよい。特に、図5に示す第3の変形例に係る電子放出素子10Acのように、カソード電極18の厚み t_c を極薄（ $10nm$ 以下）とした場合には、該カソード電極18と電界印加部16との界面から電子が放出されることになり、電子放出効率を更に向上させることができる。

【0060】

一方、アノード電極14は、カソード電極18と同様な材料及び方法によって形成されるが、好適には上記厚膜形成方法によって形成する。アノード電極14の厚さも、 $20\mu m$ 以下がよく、好適には $5\mu m$ 以下であるとよい。

【0061】

カソード電極18に電氣的に接続したリード電極18aと、アノード電極14に電氣的に接続したリード電極14aとを電氣的に分離するために、基板12を電氣的な絶縁材料で構成するのが好ましい。

【0062】

従って、基板12を、ガラス、又は高耐熱性の金属、あるいはその金属表面をガラスなどのセラミックス材料によって被覆したホーローのような材料によって構成することができるが、セラミックスで構成するのが最適である。

【0063】

基板12を構成するセラミックスとしては、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を使用することが

できる。その中でも、酸化アルミニウム及び安定化された酸化ジルコニウムが、強度及び剛性の観点から好ましい。安定化された酸化ジルコニウムは、機械的強度が比較的高いこと、靱性が比較的高いこと、カソード電極 18 及びアノード電極 14 との化学反応が比較的小さいことなどの観点から特に好適である。なお、安定化された酸化ジルコニウムとは、安定化酸化ジルコニウム及び部分安定化酸化ジルコニウムを包含する。安定化された酸化ジルコニウムでは、立方晶などの結晶構造をとるため、相転移が生じない。

【0064】

一方、酸化ジルコニウムは、1000℃前後で単斜晶と正方晶との間を相転移し、このような相転移の際にクラックが発生するおそれがある。安定化された酸化ジルコニウムは、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、希土類金属の酸化物等の安定剤を、1～30モル%含有する。なお、基板12の機械的強度を向上させるために、安定化剤が酸化イットリウムを含有すると好適である。この場合、酸化イットリウムを、好適には1.5～6モル%、更に好適には2～4モル%含有し、更に0.1～5モル%の酸化アルミニウムを含有することが好ましい。

【0065】

また、結晶相を、立方晶+単斜晶の混合相、正方晶+単斜晶の混合相、立方晶+正方晶+単斜晶の混合相等とすることができるが、その中でも、主たる結晶相を、正方晶又は正方晶+立方晶の混合相としたものが、強度、靱性及び耐久性の観点から最適である。

【0066】

基板12をセラミックスから構成した場合、比較的多数の結晶粒が基板12を構成するが、基板12の機械的強度を向上させるためには、結晶粒の平均粒径を、好適には0.05～2 μ mとし、更に好適には0.1～1 μ mとするとよい。

【0067】

電界印加部16、カソード電極18及びアノード電極14をそれぞれ形成するたびに熱処理（焼成処理）して基板12と一体構造にすることができ、また、これら電界印加部16、カソード電極18及びアノード電極14を形成した後、同

時に焼成処理して、これらを同時に基板 12 に一体に結合することもできる。なお、カソード電極 18 及びアノード電極 14 の形成方法によっては、一体化のための熱処理（焼成処理）を必要としない場合もある。

【0068】

基板 12 と、電界印加部 16、カソード電極 18 及びアノード電極 14 とを一体化させるための焼成処理に係る温度としては、500～1400℃の範囲、好適には、1000～1400℃の範囲とするとよい。更に、膜状の電界印加部 16 を熱処理する場合、高温時に電界印加部 16 の組成が不安定にならないように、電界印加部 16 の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。

【0069】

また、電界印加部 16 を適切な部材によって被覆し、電界印加部 16 の表面が焼成雰囲気中に直接露出しないようにして焼成する方法を採用してもよい。この場合、被覆部材としては、基板 12 と同様な材料を用いることが好ましい。

【0070】

次に、電子放出素子 10A の電子放出原理について図 1、図 6～図 10B を参照しながら説明する。まず、パルス発生源 20 から出力される駆動信号 S_a は、図 6 に示すように、正極性の電圧 V_{a1} が出力される期間（準備期間 T₁）と負極性の電圧 V_{a2} が出力される期間（電子放出期間 T₂）を 1 ステップとし、該 1 ステップが繰り返される。

【0071】

準備期間 T₁ は、図 7 に示すように、カソード電極 18 に正極性の電圧 V_{a1} を印加して電界印加部 16 を分極する期間である。正極性の電圧 V_{a1} としては、図 6 のように直流電圧でもよいが、1 つのパルス電圧もしくはパルス電圧を複数回連続印加するようにしてもよい。ここで、準備期間 T₁ は、正極性電圧 V_{a1} の印加時の消費電力を考慮して、電子放出用の負極性電圧 V_{a2} の絶対値以下の正極性電圧 V_{a1} で分極を行うことから、分極処理を十分に行うために、電子放出期間 T₂ よりも長くとることが好ましい。例えば、この準備期間 T₁ としては 100～150 μsec が好ましい。

【0072】

また、正極性電圧 V_{a1} 及び負極性電圧 V_{a2} は、各々正負の極性に分極処理を確実にを行う電圧レベルであることが好ましく、例えば電界印加部 16 の誘電体が抗電圧を有する場合、正極性電圧 V_{a1} 及び負極性電圧 V_{a2} の絶対値は、抗電圧以上であることが好ましい。

【0073】

電子放出期間 T_2 は、カソード電極 18 に負極性の電圧 V_{a2} が印加される期間である。カソード電極 18 に負極性の電圧 V_{a2} が印加されることによって、図 8 に示すように、電界印加部 16 の分極が反転し、電界集中ポイント A から電子が放出されることになる。なお、カソード電極 18 の厚みが極薄 ($\sim 10\text{ nm}$) である場合には、該カソード電極 18 と電界印加部 16 との界面から電子が放出されることになる。

【0074】

即ち、分極が反転された電界印加部 16 のうち、負極性の電圧 V_{a2} が印加されているカソード電極 18 との界面に帯電する双極子モーメントの変化が放出電子を引き出すこととなる。この引き出される電子としては、カソード電極 18 とその近傍の双極子モーメントのプラス側とで局所的な集中電界が発生することにより、カソード電極 18 から放出される 1 次電子と、それが電界印加部 16 に衝突することで、該電界印加部 16 から放出される 2 次電子とが考えられる。この電子放出期間 T_2 としては $5 \sim 10\ \mu\text{sec}$ が好ましい。

【0075】

ここで、負極性の電圧 V_{a2} が印加されることによる作用を更に詳細に説明する。

【0076】

まず、カソード電極 18 に負極性の電圧 V_{a2} が供給されることによって、上述したように、前記ポイント A あるいはカソード電極 18 と電界印加部 16 との界面から電子が放出されることになる。即ち、分極が反転された電界印加部 16 のうち、カソード電極 18 の近傍に帯電する双極子モーメントが放出電子を引き出すこととなる。

【0077】

つまり、カソード電極 18 のうち、電界印加部 16 との界面近傍において局所的なカソードが形成され、電界印加部 16 のうち、カソード電極 18 の近傍の部分に帯電している双極子モーメントの+極が局所的なアノードとなってカソード電極 18 から電子が引き出され、その引き出された電子のうち、一部の電子がコレクタ電極 22（図 1 参照）に導かれて蛍光体 24 を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。また、前記引き出された電子のうち、一部の電子が電界印加部 16 に衝突して、電界印加部 16 から 2 次電子が放出され、該 2 次電子がコレクタ電極 22 に導かれて蛍光体 24 を励起することになる。

【0078】

ここで、電界集中ポイント A での電界の強さ E_A は、カソード電極 18 とアノード電極 14 間に印加される電圧を V_{ak} 、局所的なアノードと局所的なカソード間の距離を d_A としたとき、 $E_A = V_{ak} / d_A$ の関係がある。この場合、局所的なアノードと局所的なカソード間の距離 d_A は非常に小さいことから、電子放出に必要な電界の強さ E_A を容易に得ることができる（電界の強さ E_A が大きくなっていることを図 8 上では実線矢印によって示す）。これは、電圧 V_{ak} の低電圧化につながる。

【0079】

そして、カソード電極 18 からの電子放出がそのまま進行すれば、ジュール熱によって蒸散して浮遊する電界印加部 16 の構成原子が前記放出された電子によって正イオンと電子に電離され、この電離によって発生した電子が更に電界印加部 16 の構成原子等を電離するため、ねずみ算式に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在する局所プラズマが発生することになる。なお、2 次電子も前記電離を促進させることが考えられる。前記電離によって発生した正イオンが例えばカソード電極 18 に衝突することによってカソード電極 18 が損傷することもある。

【0080】

しかし、この第 1 の実施の形態に係る電子放出素子 10 A では、図 9 に示すように、カソード電極 18 から引き出された電子が、局所アノードとして存在する

電界印加部 16 の双極子モーメントの+極に引かれ、カソード電極 18 の近傍における電界印加部 16 の表面の負極性への帯電が進行することになる。その結果、電子の加速因子（局所的な電位差）が緩和され、2 次電子放出に至るポテンシャルが存在しなくなり、電界印加部 16 の表面における負極性の帯電が更に進行することになる。

【0081】

そのため、双極子モーメントにおける局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さ E_A が小さくなり（電界の強さ E_A が小さくなっていることを図 9 上では破線矢印によって示す）、電子放出は停止することになる。

【0082】

即ち、図 10 A に示すように、カソード電極 18 に供給される駆動信号 S_a として、正極性電圧 V_{a1} を例えば +50 V、負極性電圧 V_{a2} を例えば -100 V としたとき、電子放出が行われたピーク時点 P1 におけるカソード電極 18 とアノード電極 14 間の電圧変化 ΔV_{ak} は、20 V 以内（図 10 B の例では 10 V 程度）であってほとんど変化がない。そのため、正イオンの発生はほとんどなく、正イオンによるカソード電極 18 の損傷を防止することができ、電子放出素子 10 A の長寿命化において有利となる。

【0083】

ところで、カソード電極 18 から放出された電子が電界印加部 16 に衝突したり、電界印加部 16 の表面近傍での電離等によって、該電界印加部 16 が損傷を受け、結晶欠陥が誘発し、構造的にも脆くなるおそれがある。

【0084】

そこで、電界印加部 16 を、真空中での蒸発温度が大きい誘電体で構成することが好ましく、例えば Pb を含まない BaTiO₃ 等にて構成するようにしてもよい。これにより、電界印加部 16 の構成原子がジュール熱によって蒸散しにくくなり、電子による電離の促進を妨げることができる。これは、電界印加部 16 の表面を保護する上で有効となる。

【0085】

また、図 11 に示す第 2 の実施の形態に係る電子放出素子 10B のように、電界印加部 16 上にカソード電極 18 を覆うように、保護膜 30 を形成するようにしてもよい。これにより、カソード電極 18 から放出された電子が電界印加部 16 に向かっても、該電界印加部 16 の表面に保護膜 30 が形成されていることから、前記放出電子による電界印加部 16 の損傷を防止することができる。また、前記電子放出によって電離が進行したとしても、カソード電極 18 の正イオンによる損傷を保護膜 30 にて抑制することができる。

【0086】

そして、図 12 に示す第 1 の変形例に係る電子放出素子 10Ba のように、保護膜 30 を導体で構成するようにしてもよい。この場合、保護膜 30 が放出電子によってけずられるかたちになるため、導体としては、スパッタ率（入射粒子 1 個当たり放出されるターゲット原子あるいは分子の数）が小で、Ar+600V におけるスパッタ率が 2.0 以下であることが好ましい。また、保護膜 30 がジュール熱によって蒸散されると、放出電子による電離が促進されてしまうため、導体としては、真空中での蒸発温度が大で、蒸気圧 1.3×10^{-3} Pa となる温度が 1800 K 以上のものが好ましい。

【0087】

つまり、保護膜 30 を導体で構成する場合は、スパッタ率が 2.0 以下で、真空中での蒸発温度が 1800 K 以上である導体を使用することが好ましい。通常、導体として使用される Au 等は、スパッタ率が 2.8 (Au) と高く、ここでの保護膜 30 としては使用できない。そこで、スパッタ率が高い Mo（モリブデン）や C（カーボン）等が好適である。ちなみに、Mo 及び C のスパッタ率は、0.9 (Mo)、0.2 未満 (C) である。

【0088】

このように、導体を選定することで保護膜 30 が簡単に破られるということがなく、ジュール熱で保護膜 30 の構成原子が蒸散するという不都合がなくなり、更に電子放出素子の長寿命化を図ることができる。

【0089】

保護膜 30 の厚みは、1 nm～20 nm であることが好ましい。薄すぎると、

電界印加部 16 を保護することができないというおそれがあり、厚すぎると、保護膜 30 の電気抵抗が小さくなり、その結果、局所的なカソードと局所的なアノード間の電圧が小さくなり、電子放出に必要な電界を得ることができなくなるおそれがあるからである。厚すぎると、カソード電極 18 から電子が放出できなくなるおそれもある。

【0090】

また、図 13 に示す第 2 の変形例に係る電子放出素子 10 B b のように、保護膜 30 を SiO_2 等の絶縁膜や MgO 等の金属酸化膜、あるいはセラミックス、圧電材料又は電歪材料等で構成するようにしてもよい。

【0091】

この場合、カソード電極 18 から放出された電子が電界印加部 16 の局所的なアノードに引かれると、保護膜 30 の表面が負極性に帯電することになる。これにより、局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さが小さくなり（電界の強さ E_A が小さくなっていることを図 13 上では破線矢印によって示す）、電子の放出は進行せずに停止することになる。

【0092】

つまり、上述した第 1 の実施の形態に係る電子放出素子 10 A では、電界印加部 16 の表面での負極性帯電に伴って電子放出の自己停止が行われたが、この第 2 の変形例では、保護膜 30 の表面での負極性帯電に伴って電子放出の自己停止が行われることになる。

【0093】

また、保護膜 30 を絶縁膜や酸化膜等で構成することで、カソード電極 18 からの放出電子によって保護膜 30 がけずられるという現象はほとんど生じないため、保護機能としても好適である。

【0094】

上述した第 1 及び第 2 の実施の形態に係る電子放出素子 10 A 及び 10 B（各変形例を含む）においては、図 1 に示すように、コレクタ電極 22 に蛍光体 24 を塗布してディスプレイの画素として構成した場合、以下のような効果を奏する

ことができる。

【0095】

(1) CRTと比して超薄型（パネルの厚み＝数mm）にすることができる。

【0096】

(2) 蛍光体24による自然発光のため、LCD（液晶表示装置）やLED（発光ダイオード）と比してほぼ180°の広視野角を得ることができる。

【0097】

(3) 面電子源を利用しているため、CRTと比して画像歪みがない。

【0098】

(4) LCDと比して高速応答が可能であり、 μ secオーダーの高速応答で残像のない動画表示が可能となる。

【0099】

(5) 40インチ換算で100W程度であり、CRT、PDP（プラズマディスプレイ）、LCD及びLEDと比して低消費電力である。

【0100】

(6) PDPやLCDと比して動作温度範囲が広い（-40～+85℃）。ちなみに、LCDは低温で応答速度が低下する。

【0101】

(7) 大電流出力による蛍光体の励起が可能であるため、従来のFED方式のディスプレイと比して高輝度化が可能である。

【0102】

(8) 圧電体材料の分極反転特性及び膜厚により駆動電圧を制御可能であるため、従来のFED方式のディスプレイと比して低電圧駆動が可能である。

【0103】

このような種々の効果から、以下に示すように、様々なディスプレイ用途を実現させることができる。

【0104】

(1) 高輝度化と低消費電力化が実現できるという面から、30～60インチディスプレイのホームユース（テレビジョン、ホームシアター）やパブリックユ-

ス（待合室、カラオケ等）に最適である。

【0105】

（2）高輝度化、大画面、フルカラー、高精細度が実現できるという面から、顧客吸引力（この場合、視覚的な注目）に効果が大であり、横長、縦長等の異形状ディスプレイや、展示会での使用、情報案内板用のメッセージボードに最適である。

【0106】

（3）高輝度化、蛍光体励起に伴う広視野角化、真空モジュール化に伴う広い動作温度範囲が実現できるという面から、車載用ディスプレイに最適である。車載用ディスプレイとしての仕様は、15：9等の横長8インチ（画素ピッチ0.14mm）、動作温度が $-30 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、斜視方向で $500 \sim 600 \text{ cd/m}^2$ が必要である。

【0107】

また、上述の種々の効果から、以下に示すように、様々な光源用途を実現させることができる。

【0108】

（1）高輝度化、低消費電力化が実現できるという面から、輝度仕様として2000ルーメンが必要なプロジェクタ用の光源に最適である。ちなみに、カーボンナノチューブランプの場合、アノード電圧10kV、アノード電流 $300 \mu\text{A}$ にて直径27mmの蛍光面で 104 cd/m^2 （160ルーメン）であるから、10倍以上の高輝度化が必要になり、プロジェクタ用の光源としての実用化が困難である。

【0109】

（2）高輝度2次元アレー光源を容易に実現できることと、動作温度範囲が広く、屋外環境でも発光効率に変化がないことから、LEDの代替用途として有望である。例えば信号機等の2次元アレーLEDモジュールの代替として最適である。なお、LEDは、 25°C 以上で許容電流が低下し、低輝度となる。

【0110】

なお、この発明に係る電子放出素子は、上述の実施の形態に限らず、この発明

の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0111】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る電子放出素子によれば、誘電体にて構成された電界印加部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴うカソード電極での損傷等を防止することができ、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施の形態に係る電子放出素子を示す構成図である。

【図2】

第1の実施の形態に係る電子放出素子の電極部分を示す平面図である。

【図3】

第1の実施の形態に係る電子放出素子の第1の変形例における電極部分を示す平面図である。

【図4】

第1の実施の形態に係る電子放出素子の第2の変形例における電極部分を示す平面図である。

【図5】

第1の実施の形態に係る電子放出素子の第3の変形例における電極部分を示す平面図である。

【図6】

パルス発生源から出力される駆動信号を示す波形図である。

【図7】

カソード電極に正極性の電圧を印加した際の作用を示す説明図である。

【図8】

カソード電極に負極性の電圧を印加した際の電子放出作用を示す説明図である。

。

【図9】

電界印加部の表面での負極性帯電に伴って電子放出の自己停止の作用を示す説明図である。

【図 1 0】

図 1 0 A は、駆動信号の一例を示す波形図であり、図 1 0 B は、第 1 の実施の形態に係る電子放出素子におけるアノード電極とカソード電極間の電圧の変化を示す波形図である。

【図 1 1】

第 2 の実施の形態に係る電子放出素子を示す構成図である。

【図 1 2】

第 2 の実施の形態に係る電子放出素子の第 1 の変形例での作用を示す説明図である。

【図 1 3】

第 2 の実施の形態に係る電子放出素子の第 2 の変形例での作用を示す説明図である。

【符号の説明】

1 0 A、1 0 A a ～ 1 0 A c、1 0 B、1 0 B a、1 0 B b…電子放出素子

1 2…基板

1 4…アノード電極

1 6…電界印加部

1 8…カソード電極

2 0…パルス発生源

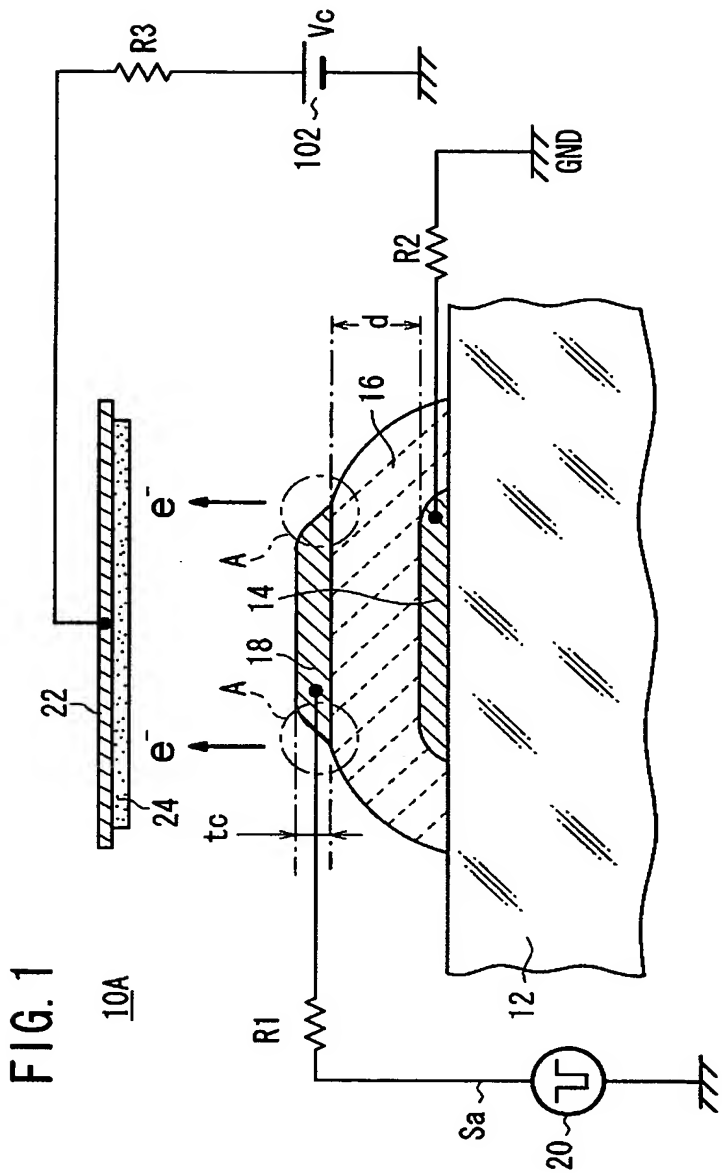
2 2…コレクタ電極

2 4…蛍光体

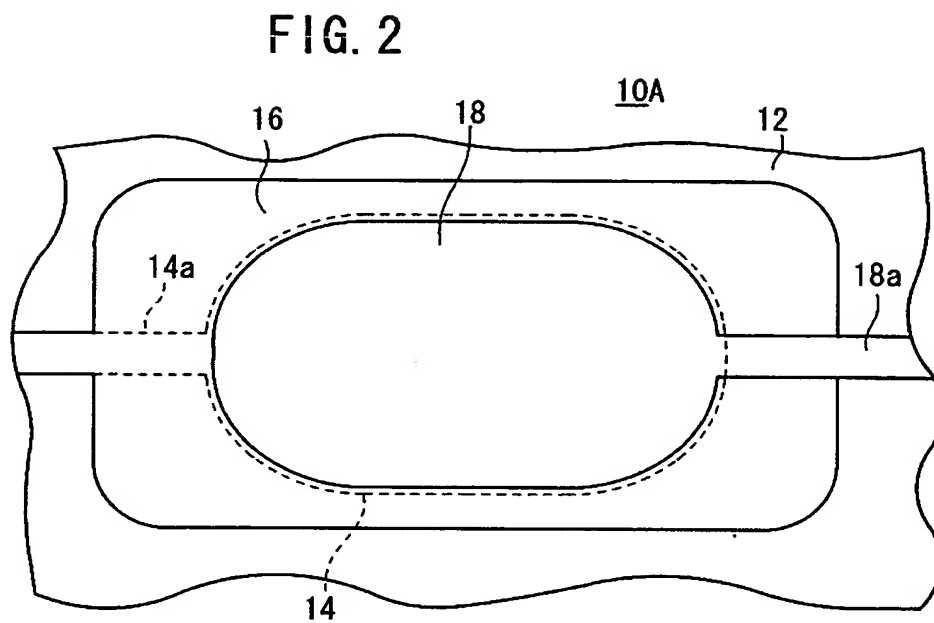
3 0…保護膜

【書類名】 図面

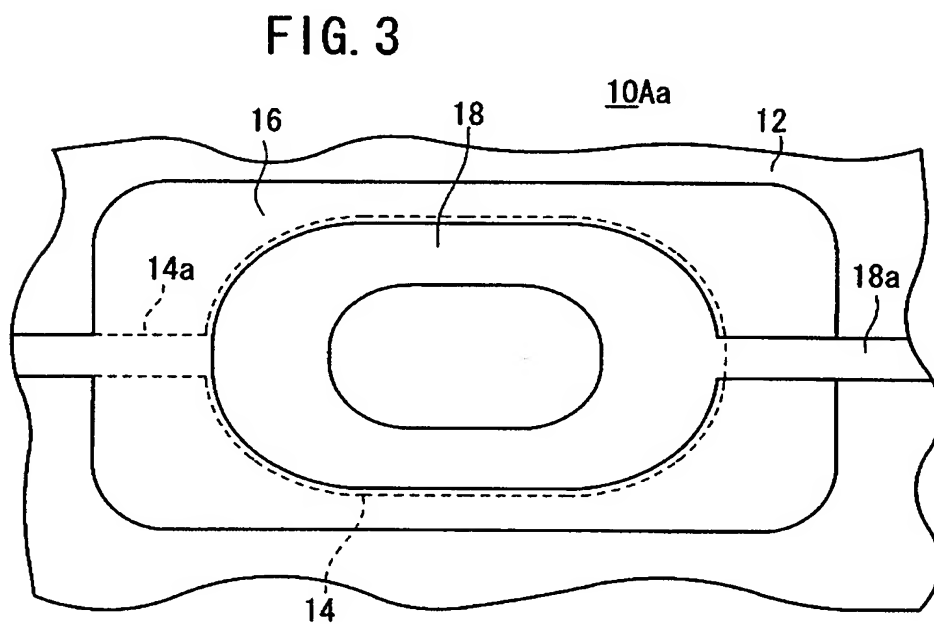
【図 1】



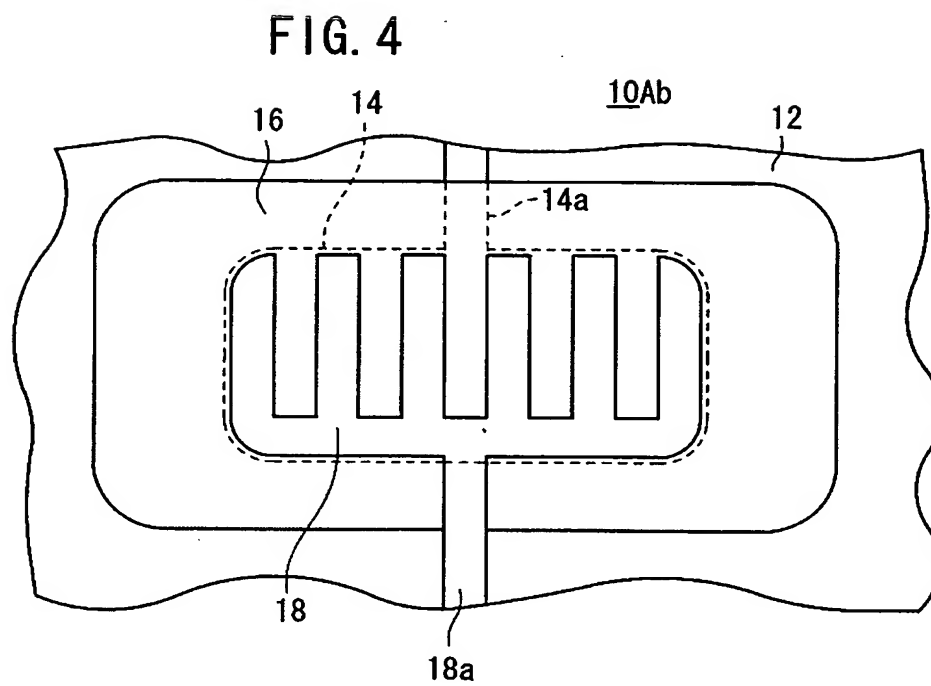
【図 2】



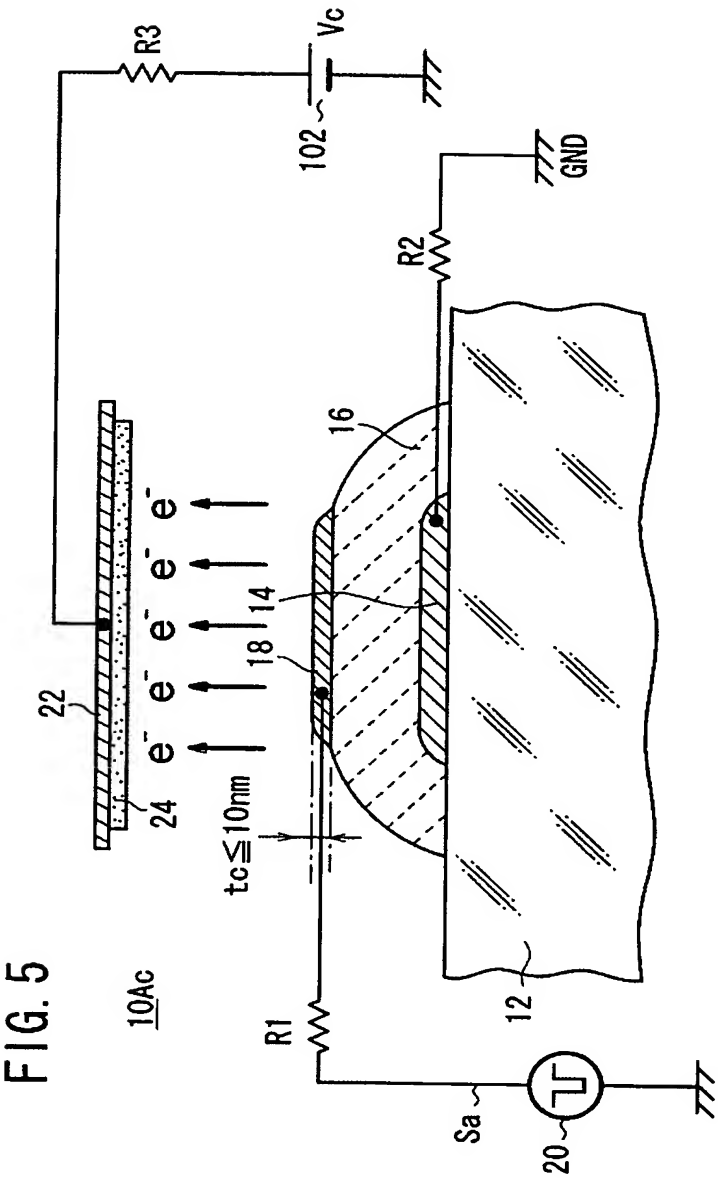
【図 3】



【図 4】

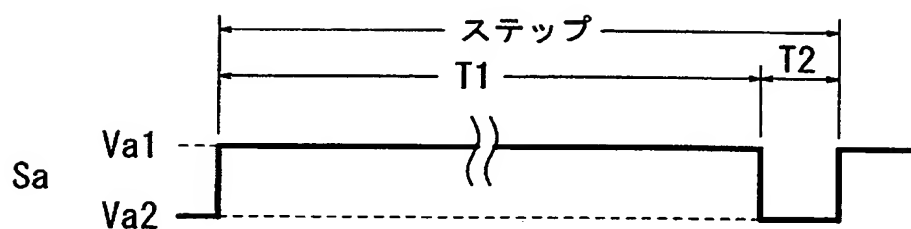


【図 5】



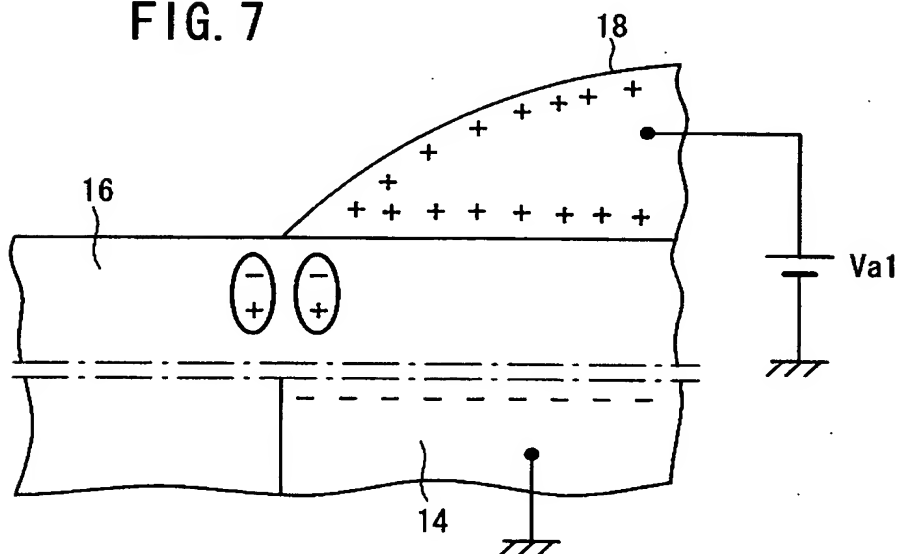
【図 6】

FIG. 6



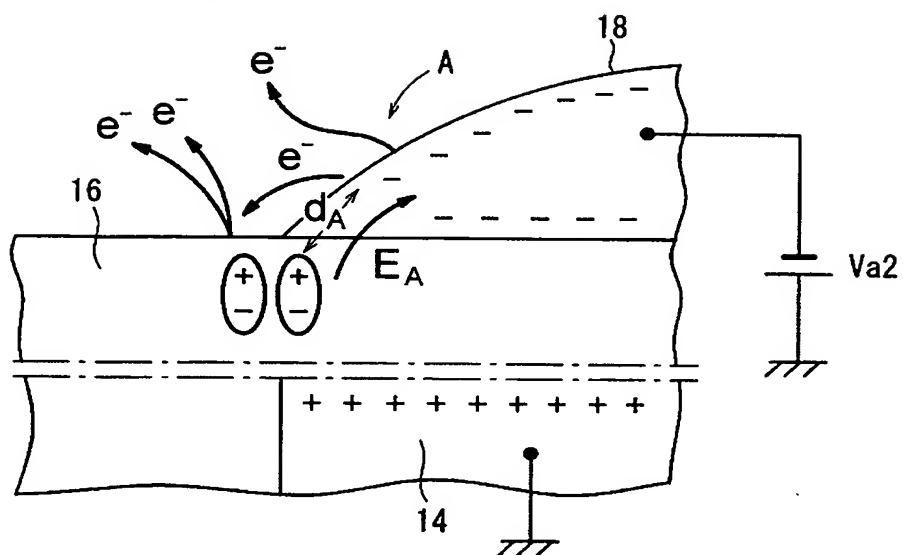
【図 7】

FIG. 7



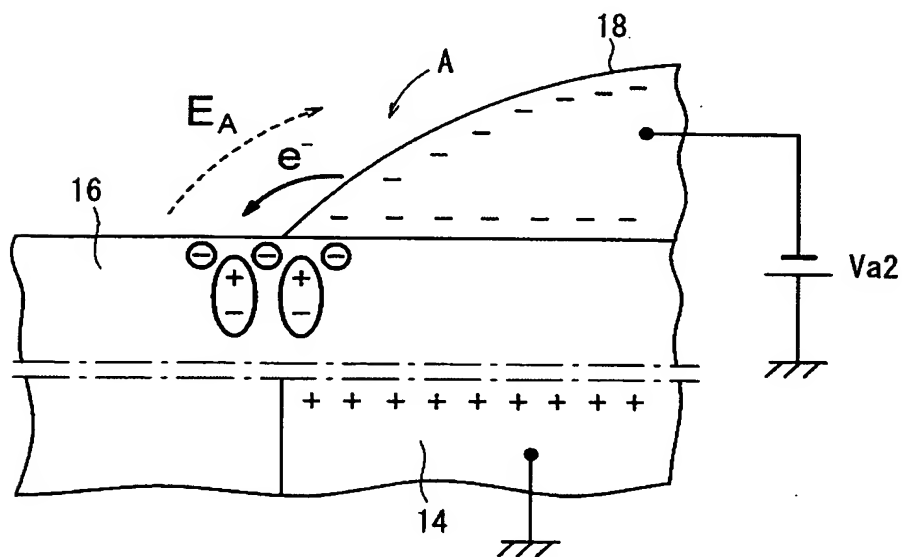
【図 8】

FIG. 8



【図 9】

FIG. 9



【図 10】

FIG. 10A

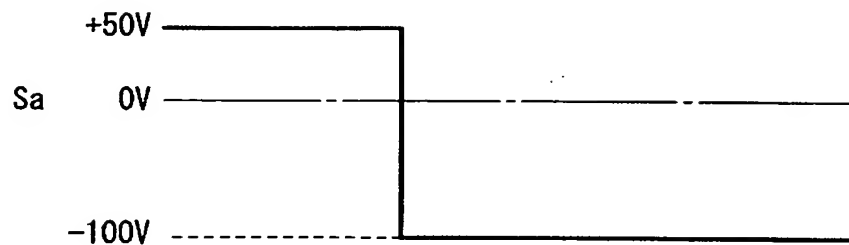
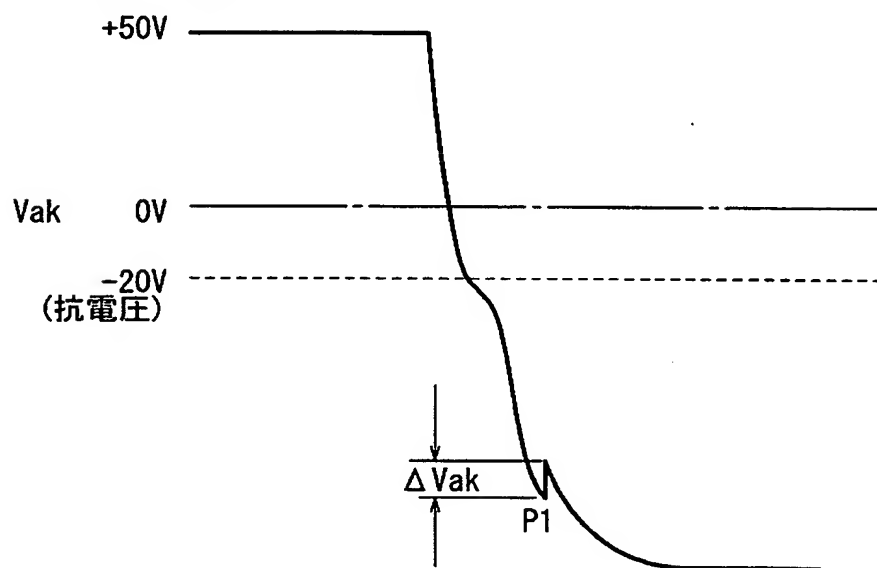
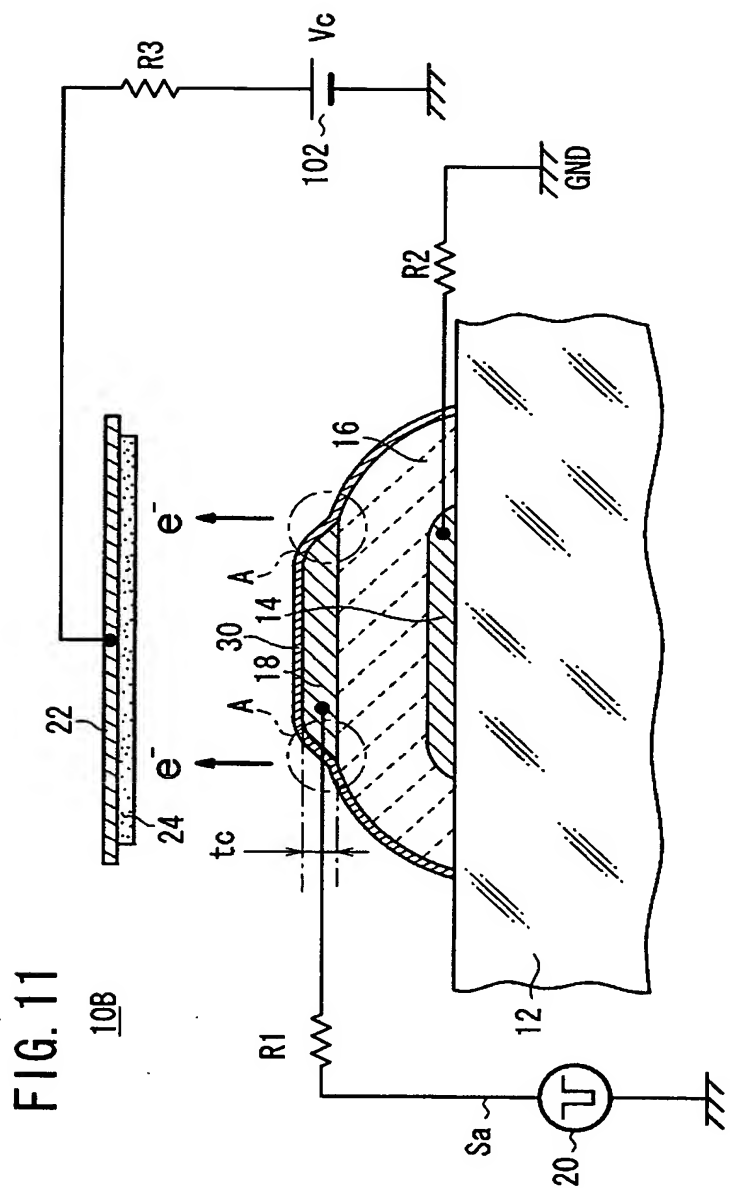


FIG. 10B

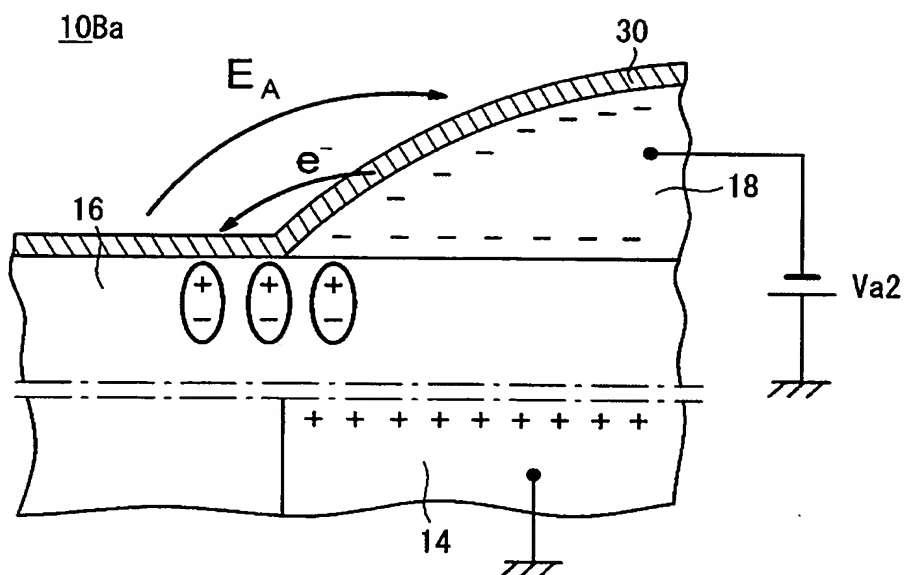


【図 11】



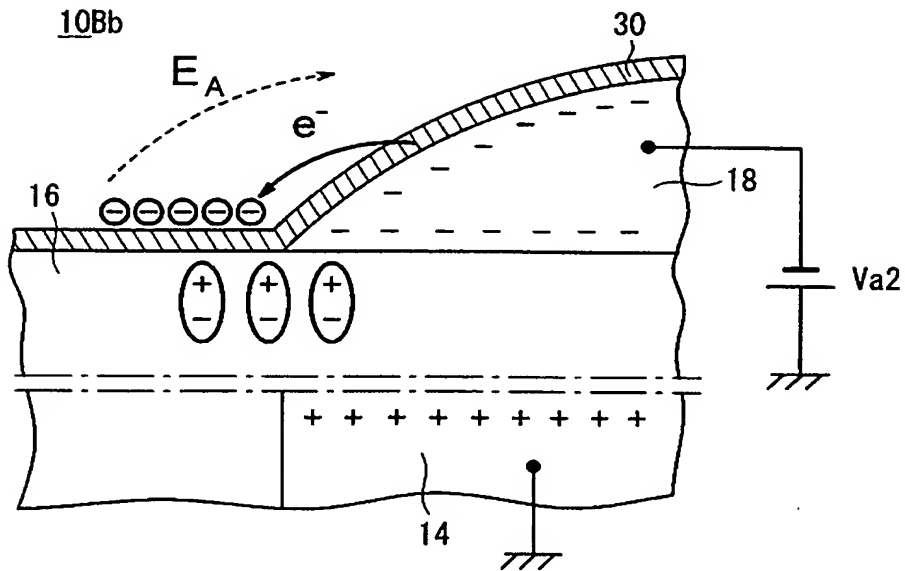
【図 12】

FIG. 12



【図 13】

FIG. 13



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 誘電体にて構成された電界印加部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制し、電子放出に伴うカソード電極での損傷等を防止して、長寿命化及び信頼性の向上を図る。

【解決手段】 電子放出素子 10A は、基板 12 上に形成されたアノード電極 14 と、基板 12 上にアノード電極 14 を覆うように形成された電界印加部 16 と、該電界印加部 16 上に形成されたカソード電極 18 とを有する。カソード電極 18 には、パルス発生源 20 からの駆動信号 S_a が抵抗 R₁ を介して供給され、アノード電極 14 には、アノード電位の発生源（この例では GND）が抵抗 R₂ を介して接続されている。カソード電極 18 の上方にコレクタ電極 22 が配置され、該コレクタ電極 22 には蛍光体 24 が塗布される。なお、コレクタ電極 22 にはコレクタ電位の発生源 102（この例では V_c）が抵抗 R₃ を介して接続される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 8 9 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 0 6 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号

氏 名

日本碍子株式会社